

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ARUS LAUT MENGGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE*
*TIPE PROPELLER NACA S814***



ARI WICAKSONO ADI

NIT 09.21.002.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ARUS LAUT MENGGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE*
*TIPE PROPELLER NACA S814***



ARI WICAKSONO ADI

NIT 09.21.002.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : ARI WICAKSONO ADI
Nomor Induk Taruna : 09.21.002.1.07
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT
MENGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE TIPE PROPELLER*
*NACA S814***

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 20 JANUARI 2026



Ari Wicaksono Adi
NIT. 09.21.002.1.07

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ARUS LAUT MENGGUNAKAN
*HORIZONTAL AXIS TURBINE TIPE PROPELLER NACA
S814*

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : ARI WICAKSONO ADI

NIT : 09 21 002 10 7

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 01 Agustus 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



DIANA ALIA, S.T., M.Eng.
NIP.199106062019022003

Dosen Pembimbing II



ITA MASITA, S.E., M.Ak.
NIP.198503192010122005

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DHIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP.197504302002121002

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR

Judul : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ARUS LAUT MENGGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS*
TURBINE TIPE PROPELLER NACA S814

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : ARI WICAKSONO ADI

NIT : 09.21.002.1.07

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Uji Kelayakan Seminar Hasil

Surabaya, 19 Januari 2026

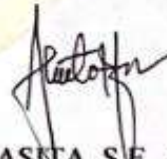
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



DIANA ALIA, S.T., M.Eng.
NIP. 199106062019022003



ITA MASITA, S.E., M.Ak.
NIP. 198503192010122005

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



Dirhamsyah, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
PROTOTYPE

RANCANG BANGUN PAMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT
MENGGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE TIPE PROPELLER NACA*
S814

Disusun oleh:

ARI WICAKSONO ADI
NIT. 09 21 002 1 07

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 04 Agustus 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III


SONUAJI, S.T., M.T.
NIP. 197707132023211004


AKHMAD KHASAN GUPRON, M.Pd.
NIP. 198005172005021003


DIANA ALIA, S.T., M.Eng.
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
HASIL TUGAS AKHIR
*PROTOTYPE***

**RANCANG BANGUN PAMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT
MENGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE TIPE PROPELLER NACA*
S814**

Disusun oleh:

**ARI WICAKSONO ADI
NIT. 09 21 002 1 07**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 20 Januari 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



SONHAJI, S.T., M.T.
NIP. 197707132023211004



AKHMAD KHASAN GUPRON, M.Pd.
NIP. 198005172005021003



DIANA ALIA, S.T., M.Eng.
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

Ari Wicaksono Adi, Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Turbin Air. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Diana Alia, S.T., M.Eng. dan Ita Masita, S.E., M.Ak.

Permintaan energi listrik yang terus meningkat serta keterbatasan sumber energi fosil mendorong pengembangan energi terbarukan, salah satunya adalah energi arus laut yang memiliki potensi besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik tenaga arus laut menggunakan *horizontal axis turbine* tipe *propeller* NACA S814 yang diintegrasikan dengan generator DC. Sistem ini dirancang untuk mengubah energi kinetik arus laut menjadi energi listrik yang distabilkan melalui *Buck-Boost Converter* dan MPPT, kemudian disimpan dalam baterai 12VDC. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). Parameter yang dianalisis meliputi kecepatan putaran turbin (RPM), debit air, serta tegangan dan arus listrik yang dihasilkan. Monitoring sistem dilakukan secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-017. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mulai beroperasi (*cut-in speed*) pada debit air minimal 35,2 L/s dengan kecepatan 56 RPM yang menghasilkan tegangan 0,2 V. Performa optimal tercapai pada debit air 45,3 L/s dengan kecepatan putaran 516 RPM yang menghasilkan tegangan hingga 13,3 V. Penelitian ini menyimpulkan adanya hubungan berbanding lurus antara debit air, putaran generator, dan tegangan yang dihasilkan. Prototipe ini memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif untuk wilayah maritim atau pesisir terpencil.

Kata kunci : Energi arus laut, *Horizontal Axis Turbine*, Generator DC, Baterai 12VDC.

ABSTRACT

Ari Wicaksono Adi, Design and Construction of Ocean Current Power Plant Using Water Turbine. Surabaya Maritime Polytechnic. Supervised by Diana Alia, S.T., M.Eng. and Ita Masita, S.E., M.Ak..

The increasing demand for electrical energy and the limited fossil energy sources encourage efforts to develop renewable energy sources, such as ocean current energy, which has great potential but has not been optimally utilized. This study aims to design and develop a small-scale ocean current power generation system by utilizing a horizontal axis water turbine (NACA S814) integrated into a prototype. This system converts kinetic energy from ocean currents into electrical energy, stabilized through a Buck-Boost Converter and MPPT, and stored in a 12 VDC battery. The research method used is Research and Development (R&D). The analyzed parameters include turbine rotation speed (RPM), water discharge, and the resulting voltage and electric current. The system features real-time monitoring based on the Internet of Things (IoT) using an ESP32 microcontroller and PZEM-017 sensors. The test results show that the system starts operating (cut-in speed) at a minimum water discharge of 35.2 L/s with a speed of 56 RPM, producing 0.2 V. Optimal performance is achieved at a water discharge of 45.3 L/s with a rotation speed of 516 RPM, generating up to 13.3 V. The study concludes that there is a direct correlation between water discharge, generator rotation, and the generated voltage. This prototype has potential as an alternative renewable energy source for maritime or remote coastal areas.

Keywords: *Ocean current energy, Horizontal Axis Turbine, DC generator, 12VDC battery.*

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena penelitian dengan judul **“RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT MENGGUNAKAN *HORIZONTAL AXIS TURBINE TIPE PROPELLER NACA S814*”** dapat dilaksanakan dengan baik.

Karya Ilmiah Terapan (KIT) merupakan salah satu persyaratan baku taruna untuk menyelesaikan studi program Sarjana Terapan tingkat IV dan wajib diselesaikan pada periode yang ditetapkan. KIT merupakan proses penyajian keadaan tertentu yang dialami taruna pada saat melaksanakan praktek laut ketika berada di atas kapal.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam penguasaan materi, waktu dan data-data yang diperoleh.

Untuk itu peneliti senantiasa menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penelitian karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, olehnya itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya, khususnya kepada kedua orang tua dan saudara tercinta serta senior-senior yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material serta kepada :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dhirhamsyah, S.E., M.Pd. selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing I materi sekaligus selaku penguji pertama.
4. Ibu Ita Masita, S.E., M.Ak. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan.
5. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan bekal materi dan pengalaman yang luar biasa.
6. Kedua orang tua yang telah mendukung peneliti untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
7. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan KIT.
8. Semua pihak yang tidak dapat taruna sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini.

Terimakasih kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga semua amal dan jasa baik mereka dapat imbalan dari Allah SWT dan semoga proposal ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya,2026

Ari Wicaksono Adi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
1. Manfaat Teoritis	4
2. Manfaat Praktik.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	5
B. Landasan Teori	7

1. Energi Arus Laut	7
2. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	8
3. Turbin Air	9
4. <i>Turbine Properller Naca S814</i>	11
5. Generator DC	12
6. Baterai 12VDC.....	13
7. <i>Relay</i>	14
8. <i>Buck-Boost Converter</i>	15
9. Sensor Arus dan Tegangan	16
10. Mikrokontroler ESP32	17
11. MPPT (<i>Maximum Power Point Tacking</i>).....	18
12. <i>Transformator Step-Down 12vdc – 5vdc</i>	19
13. Sensor RPM (<i>Hall-Effect Sensor</i>)	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Perancangan Sistem.....	21
B. Perancangan Alat.....	24
1. Identifikasi Kebutuhan	24
2. <i>Wiring Diagram</i>	27
3. Desain Produk/Alat	28
4. <i>Flow Chart</i>	30
C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk	31
1. Pengujian Statis.....	32
2. Pengujian Dinamis	34

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	36
A. Pengujian Statis	36
B. Pengujian Dinamis	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>Review</i> Penelitian	5
Tabel 4. 1. Data Pengujian Generator DC.....	37
Tabel 4. 2. Data Pengujian Buck-Boost Converter	39
Tabel 4. 3. Data Pengujian Sensor Arus dan Tegangan PZEM-017	40
Tabel 4. 4. Data Pengujian Relay	45
Tabel 4. 5. Pengujian Minimum.....	49
Tabel 4. 6. Pengujian Maksimum	52
Tabel 4. 7. Pengujian Rentang Kerja	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Arus Laut Sumber	8
Gambar 2. 2. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	9
Gambar 2. 3. Horizontal Axis Turbine	10
Gambar 2. 4. Vertical Axis Turbine.....	11
Gambar 2. 5. Turbine Propeller Naca S814	12
Gambar 2. 6. Generator DC	13
Gambar 2. 7. Baterai 12VDC	14
Gambar 2. 8. <i>Relay</i>	15
Gambar 2. 9. <i>Buck-Boost Converter</i>	16
Gambar 2. 10. Sensor Arus dan Tegangan PZEM-017.....	17
Gambar 2. 11. Mikrokontroller ESP32	18
Gambar 2. 12. MPPT (Maximum Power Point Tacking)	18
Gambar 2. 13. Transformator Step-Down 12vdc – 5vdc	19
Gambar 2. 14. Sensor RPM (Hall-Effect Sensor)	20
Gambar 3. 1. Blok Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	23
Gambar 3. 2. <i>Wiring diagram</i> Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	27
Gambar 3. 3. Desain Alat Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	28
Gambar 3. 4. Flow Chart Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	30
Gambar 4. 1. Pengujian Turbin Air Tipe Propeller Naca S814	36
Gambar 4. 2. Pengujian Generator DC	37
Gambar 4. 3. Pengujian Buck-Boost Converter	39
Gambar 4. 4. Pengujian PZEM-017	40
Gambar 4. 5. Pengujian Mikrokontroler ESP32	42
Gambar 4. 6. Pengujian Transformator Step-down 12vdc – 5vdc	43
Gambar 4. 7. Pengujian Hall Effect Sensor	44
Gambar 4. 8. Pengujian Relay.....	45
Gambar 4. 9. Pengujian MPPT	46
Gambar 4. 10. Pengujian Baterai	47
Gambar 4. 11. Grafik Pengujian Minimum	50
Gambar 4. 12. Pengujian Minimum.....	51
Gambar 4. 13. Gambar Grafik Pengujian Maksimum	53
Gambar 4. 14. Pengujian Maksimum.....	54
Gambar 4. 15. Gambar Grafik Pengujian Rentang Kerja	57
Gambar 4. 16. Pengujian Rentang Kerja.....	58

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik menjadi sebuah kebutuhan utama yang digunakan oleh manusia. Energi listrik yang digunakan saat ini hanya terfokus pada energi fosil berupa minyak bumi, gas bumi, dan batu bara, (Adiputra, 2023). Namun, penggunaan berlebihan dan tidak berkelanjutan dari sumber energi ini telah menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan, termasuk pemanasan global, pencemaran udara dan air, serta degradasi habitat alami (Mesriana, 2024).

Ketergantungan yang terus-menerus pada sumber bahan bakar fosil dapat menyebabkan pasokan menjadi semakin mahal dan sulit didapat. Hal ini menciptakan ketidakpastian mengenai pasokan energi di masa depan, (Dwisari et al., 2023). Oleh karena itu saat ini manusia terus berinovasi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan agar tidak bergantung pada sumber energi fosil.

Contoh sumber energi terbarukan adalah energi matahari, energi dari biomassa, energi angin, gravitasi air, energi panas bumi, energi gelombang dan lain-lain, (Fitriani et al., 2024). Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan secara optimal dan masih jarang digunakan adalah energi arus laut. Energi laut salah satunya energi arus laut merupakan salah satu jenis energi baru terbarukan di Indonesia (Al Hakim, 2020).

Arus laut sangat berpotensi memiliki energi kinetik yang besar dan lebih konsisten jika dibandingkan dengan energi terbarukan yang lain, seperti angin atau matahari. Selain itu, tenaga arus laut menunjukkan sebagai sumber daya energi yang mungkin dan signifikan untuk mengembangkan energi terbarukan, (Alamsah et al., 2025).

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Husain & Widianingrum, 2020, bahwa kecepatan arus di wilayah Teluk Awerange dalam kondisi surut dapat mencapai 0,25 – 0,36 m/s. Sehingga dapat memungkinkan untuk menggunakan energi pasang surut dengan menggunakan turbin arus laut. Penggunaan turbin sebagai pengkonversi energi mekanik arus laut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Agit Prakoso et al., 2022, dimana telah dilakukan perancangan dan pengujian performa turbin arus laut untuk penggerak pompa di tambak garam menggunakan turbin air tipe *propeller NACA S814* untuk menghasilkan desain turbin tidal.

Dalam penerapannya teknologi pemanfaatan energi arus laut masih belum optimal, namun memiliki prospek yang menjanjikan. Potensi energi ini di Indonesia sendiri sebesar 17,9 GW yang mana jika disejajarkan sama dengan kapasitas pembangkit listrik yang ada di Jawa- Bali sebesar 53,3% nya namun pemanfaatannya masih sangat minim, (Riansyah, 2021).

Dengan dasar pemikiran tersebut, penelitian ini berfokus pada rancang bangun pembangkit listrik tenaga arus laut menggunakan *horizontal axis turbine tipe propeller Naca S814* dan juga pengaruh putaran *horizontal axis turbine tipe propeller Naca S814* terhadap daya listrik yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan metode R&D, dimana metode R&D adalah jenis penelitian yang menghasilkan sebuah produk setelah melakukan analisis masalah dan kebutuhan. Penelitian ini diharapkan akan menghasilkan sebuah produk dengan data teknis yang dapat membantu pengembangan lebih lanjut sistem pembangkit listrik berbasis arus laut untuk aplikasi praktis di masa depan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang pembangkit listrik tenaga arus menggunakan *horizontal axis turbine tipe propeller naca S814*?
2. Bagaimana pengaruh putaran turbin terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga arus menggunakan *horizontal axis turbine tipe propeller naca S814*?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi lebih terfokus, maka peneliti melakukan pembatasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian alat dalam penelitian ini tidak melibatkan kapal sebagai *platform* atau media apung, namun menggunakan kerangka yang terbuat dari pipa besi.
2. Pengujian alat dilakukan pada kondisi cuaca yang baik dengan mempertimbangkan kemampuan alat.

3. Analisis efisiensi sistem difokuskan pada kinerja turbin dan generator, tanpa mempertimbangkan sistem penyimpanan energi secara detail (seperti baterai).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi arus laut yang dimanfaatkan oleh Horizontal Axis Turbin Tipe Propeller Naca S814
2. Mengetahui bagaimana putaran turbin air mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga arus laut.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis penelitian ini dapat dijadikan sebagai peningkatan pemahaman dan memperkaya literatur tentang pembangkit listrik tenaga arus laut menggunakan turbin air, serta dapat dijadikan bahan referensi dalam penelitian pengembangan teknologi energi terbarukan selanjutnya.

2. Manfaat Praktik

Hasil penelitian ini dapat mendukung kemandirian teknologi energi maritim nasional, khususnya dalam pengembangan pembangkit listrik berbasis sumber daya laut yang ramah lingkungan. Serta dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dan praktikum pada perguruan tinggi vokasi bidang pelayaran & energi terbarukan untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Pada sub - bab ini kajian pustaka merujuk pada penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini. Berikut penelitian dari peneliti sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1. Review Penelitian

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	(Evans et al., 2023)	<i>Experiments in the ocean: Development of a small-scale sea trial tidal turbine test rig</i>	1. Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji turbin arus laut skala kecil yang dirancang khusus untuk uji coba di laut terbuka. Rangka uji yang dikembangkan mampu mendukung pengujian performa turbin secara langsung dalam kondisi arus laut yang dinamis. 2. Pengujian dilakukan di lokasi Strangford Lough, Irlandia Utara, yang memiliki karakteristik arus laut yang sesuai untuk pengujian skala kecil. Lokasi ini memberikan kondisi nyata yang representatif untuk validasi performa turbin. 3. Sistem uji yang dirancang mencakup sensor pengukuran daya, sistem kontrol kecepatan, dan instrumen untuk pemantauan kondisi arus laut, yang secara keseluruhan menghasilkan data	1. Penelitian ini tanpa menggunakan bantalan air pada turbin arus laut, melainkan menggunakan shaft rotor yang langsung berhubungan dengan turbin air. 2. Dalam pengujian prototipe pembangkit listrik tenaga arus laut ini diujikan pada arus buatan dan stabilitas putaran turbin air diasumsikan dengan daya listrik. 3. Penelitian ini berfokus pada daya yang dihasilkan, serta pengaruh kecepatan putaran turbin pada daya yang dihasilkan.

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
			eksperimen yang valid dan akurat. 4. Hasil uji coba menunjukkan bahwa turbin mampu beroperasi dengan stabil, serta memberikan data yang berguna untuk memvalidasi model numerik dan simulasi sebelumnya. Hal ini sangat penting untuk mengembangkan teknologi turbin arus laut yang efisien dan dapat diandalkan. 5. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam bidang energi terbarukan, khususnya pada pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga arus laut, dengan menyediakan pendekatan eksperimental yang efektif dan hemat biaya sebagai langkah awal menuju pengembangan turbin berskala lebih besar.	
2.	(Husain & Widianingrum, 2020)	Pemanfaatan Energi Arus Laut Pada Teluk Awerange Sebagai Sumber Energi Alternatif Yang Bekerlanjutan	1. Penelitian ini menggunakan turbin kobold sebagai alat atau media untuk mengkonversi energi arus laut yang kemudian akan diteruskan ke generator sebagai penghasil utama energi listrik. 2. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penggunaan turbin kobold dinilai tidak cukup efisien dan efektif karena tidak sebanding dengan biaya pembuatan dan perawatan.	Penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti menggunakan salah satu jenis HAT (<i>Horizontal Axis Turbine</i>), yaitu <i>Propeller Naca S814</i> . Karena dinilai memiliki tingkat efektifitas dan efisiensi yang lebih baik dibanding jenis turbin yang lain.

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
3.	(Agit Prakoso et al., 2022)	Perancangan Dan Simulasi Performa Prototipe Turbin Air Tidal Tipe <i>Propeller Naca S814</i> Sebagai Sumber Energi Petani Tambak Garam Daerah Cirebon	Penelitian ini berfokus pada spesifikasi turbin air (Panjang, sudut, dan luas penampang) untuk dapat mengkonversi energi laut secara maksimal.	Penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti menggunakan tipe turbin air yang sama, namun pada penelitian ini peneliti lebih mengedepankan daya yang dihasilkan tanpa mempertimbangkan spesifikasi dari tipe turbin yang digunakan.

Sumber : Diolah Peneliti (2025)

B. Landasan Teori

1. Energi Arus Laut

Energi laut salah satunya energi arus laut merupakan salah satu jenis energi baru terbarukan di Indonesia, (Al Hakim, 2020). Indonesia dengan total luas lautan hampir 8 juta km² berusaha untuk meningkatkan inventarisasi sumberdaya non hayati dimana salah satunya berupa potensi energi arus laut, (Khair et al., 2021).

Energi arus laut memiliki potensi yang sangat besar, terutama di daerah yang memiliki arus laut yang kuat seperti selat dan muara. Selain itu, arus laut ini juga menarik untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik karena sifatnya yang relatif stabil dan dapat diprediksi karakteristiknya, (Nurman et al., 2024).

Penggunaan energi arus laut tergolong masih baru jika dibandingkan dengan energi angin dan energi matahari. Salah satu kendala pada pemanfaatan energi arus laut untuk menghasilkan listrik adalah

dibutuhkannya alat konversi arus menjadi energi listrik, (L et al., 2015).

Energi dapat diekstraksi dari arus laut dengan cara yang secara teoritis mirip dengan pembangkit listrik tenaga angin, (Alamsah et al., 2025). Menurut Nurman et al., 2024, secara matematis potensi daya yang dapat dihasilkan oleh arus laut dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

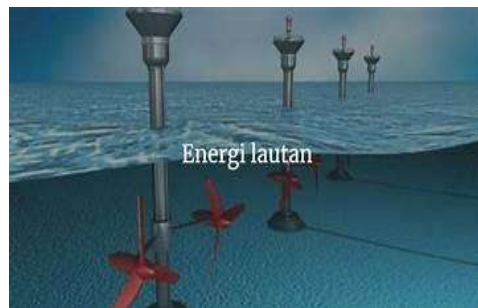
$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

P = daya (Watt)

ρ = massa jenis air laut ($\pm 1025 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m^2)

V = kecepatan arus laut (m/s)



Gambar 2. 1. Arus Laut

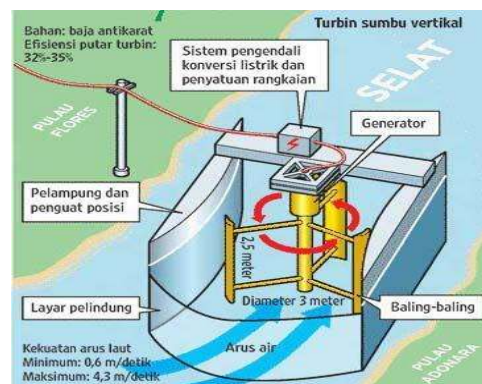
Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

2. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Pembangkit listrik tenaga arus laut adalah teknologi yang memanfaatkan energi arus laut sebagai sumber energi listrik yang melalui beberapa tahap dalam mengkonversi energi, (Riansyah et al., 2022). Prinsip operasi pembangkit listrik tenaga arus laut memanfaatkan arus laut untuk menggerakkan turbin. Putaran turbin ini menghasilkan generator yang menghasilkan arus dan tegangan, (Makkulau et al., 2023). Prinsip yang

dikembangkan pada aplikasi teknologi pemanfaatan energi dari laut adalah melalui konversi tenaga kinetik massa air laut menjadi tenaga listrik, (Prayoga & Permatasari, 2019).

Secara garis besar jenis turbin yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga arus laut terbagi menjadi dua, yaitu turbin sumbu horizontal dan turbin sumbu vertikal, (Harrison et al., 2025). Dan pada masing – masing jenis memiliki kelebihan dan kekurangan, dalam menangkap energi kinetik arus laut ataupun dalam perawatannya. Salah satu contoh pembangkit listrik tenaga arus laut adalah seperti Gambar 2. 2. seperti berikut.



Gambar 2. 2. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

3. Turbin Air

Turbin air adalah suatu perangkat yang digunakan untuk mengubah energi kinetik dari aliran air maupun angin menjadi energi mekanik melalui putaran bilah turbin. Putaran poros ini dimanfaatkan untuk berbagai hal, sebagian besar putaran poros turbin air dimanfaatkan untuk memutar generator sebagai pembangkit listrik, (Azis et al., 2021). Turbin banyak sekali macamnya, berdasarkan poros penggerakanya turbin dapat dibedakan menjadi 2 yaitu turbin *vertical* dan *horizontal*. Seperti pernyataan dari

Sembiring et al., 2025, jenis turbin hidrokinetik memiliki 2 tipe yaitu *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT). Berikut ini adalah penjabaran dari *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT).

a. *Horizontal Axis Turbine* (HAT)

Turbin air sumbu *horizontal* adalah turbin air yang mempunyai sumbu putar sudu turbin sejajar dengan arah aliran air. Turbin sumbu *horizontal* memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan turbin sumbu *vertikal* karena desainnya yang memungkinkan mengkonversi energi air melalui putaran penuh sudu yang ditempatkan dibawah aliran air yang konsisten, (Rahadian et al., 2023).

Horizontal Axis Turbine dibedakan lagi menjadi beberapa macam, salah satunya adalah *propeller type*. Seperti yang dinyatakan oleh (Makkulau et al., 2023), bahwa salah satu tipe turbin sumbu horizontal adalah *propeller* yang mempunyai baling – baling seperti pesawat terbang.



Gambar 2. 3. *Horizontal Axis Turbine*

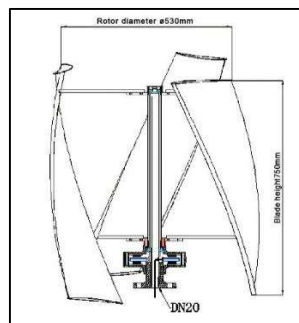
Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

b. *Vertical Axis Turbine* (VAT)

Vertical axis turbine (VAT) adalah jenis turbin yang poros

utamanya (*shaft*) berorientasi *vertikal* atau tegak lurus terhadap aliran air, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 4. Definisi ini sama dengan (Rahadian et al., 2023), bahwa turbin air sumbu *vertikal* adalah turbin yang memiliki poros atau sumbu rotasi sudu tegak lurus dengan arah aliran air.

Pada umumnya desain VAT identik dengan bentuk sudu lurus (*straigh blade*) yang memiliki masalah pada rendahnya efisiensi dan kemampuan *self-starting*, (Harrison et al., 2025). Oleh karena itu, untuk meningkatkan performa yang lebih baik pada VAT, berbagai cara dilakukan oleh para peneliti seperti memodifikasi foil, bentuk rotor, dan bentuk sudunya.



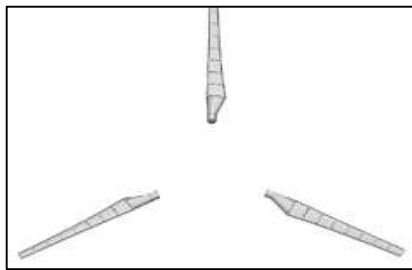
Gambar 2. 4. *Vertical Axis Turbine*

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

4. *Turbine Properller Naca S814*

Turbine propeller Naca S814 merupakan turbin yang beroperasi pada head rendah dan dengan kapasitas air yang tinggi atau bahkan dapat beroperasi pada kapasitas yang rendah, (Susanto, 2025). *Propeller* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu seperti yang terdapat pada baling-baling pesawat terbang. Kemampuan *propeller* dapat digunakan pada bermacam-macam aliran air.

Penelitian yang dilakukan oleh Agit Prakoso et al., 2022), menggunakan *Turbine Propeller Naca S814* pada pembangkit listrik tenaga arus laut sebagai media untuk mengkonversi energi yang dihasilkan oleh arus laut. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil yang cukup memuaskan, bahwa *Turbine Propeller Naca S814* mampu mengkonversi energi dari arus laut dengan cukup baik. Bentuk dari *Turbine Propeller Naca S814* adalah seperti Gambar 2. 5. berikut.



Gambar 2. 5. *Turbine Propeller Naca S814*

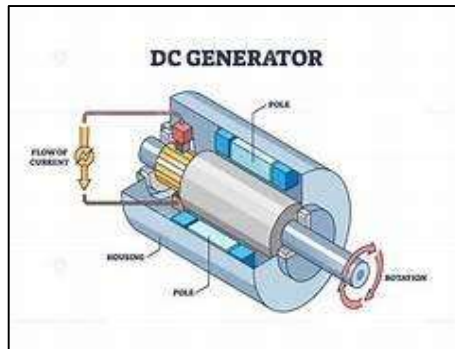
Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

5. Generator DC

Generator DC merupakan suatu mesin DC yang dapat menghasilkan daya listrik arus searah (DC) dengan cara merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan perantara energi magnet (Martua et al., 2021). Saat konduktor (kumparan) berputar di dalam medan magnet, maka akan terbentuk gaya gerak listrik (GGL) yang memicu arus listrik. GGL induksi dihasilkan dari gerakan magnet yang masuk ke kumparan.

Besaran nilai GGL Induksi ini juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan di kumparan, (Agustina et al., 2022). *Generator permanen magnet* (PMG) umumnya digunakan untuk mengubah *output* daya mekanik turbin uap, turbin gas, turbin air dan turbin angin menjadi tenaga listrik untuk generator pada mobil listrik, (Pratama et al., 2023).

Meskipun kurang umum digunakan untuk pembangkit listrik skala besar, generator DC masih digunakan dalam beberapa aplikasi, seperti pembangkit listrik tenaga air kecil atau aplikasi spesifik yang memerlukan arus searah, (Pendidikan & Terapan, 2025). Gambar 2. 6. dibawah ini merupakan gambar dari generator DC.



Gambar 2. 6. Generator DC

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

6. Baterai 12VDC

Baterai (*accumulator*) merupakan sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang kemudian akan digunakan oleh suatu perangkat elektronik, (Suhendra et al., 2024).

Prinsip kerja pada baterai menggunakan prinsip elektrokimia dengan memanfaatkan proses Reduksi-Oksidasi. Elektroda positif (+) disebut anoda, sedangkan elektroda negative (-) disebut katoda, (Saputra et al., 2023).

Pada perancangan sistem pembangkit ini baterai ditujukan sebagai alat penyimpanan daya yang dihasilkan oleh pembangkit, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 7. Pada sistem pembangkit ini tidak diperlukan alat tambahan seperti *inverter* sebagai penyearah arus, karena peneliti

menggunakan generator tipe DC dalam penelitian ini. Dimana arus DC yang dihasilkan oleh generator sesuai dengan baterai yang digunakan sebagai tempat penyimpanan daya yang dihasilkan.



Gambar 2. 7. Baterai 12VDC

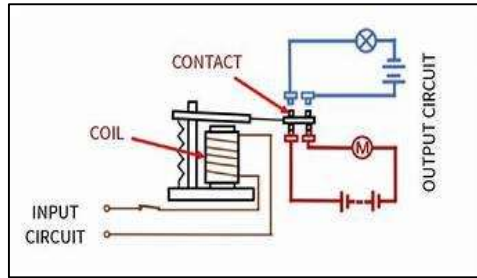
Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

7. Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan seperangkat kontak saklar, (Rahmatina et al., 2023).

Terdapat sebuah *armatur* yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. *Armatur* ini terpasang pada sebuah tuas pegas ketika *armatur* tertarik menuju ini kontak jalur bersama akan berubah posisi dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka, (Aditya, 2021).

Selain sebagai saklar otomatis, *relay* juga berperan dalam menjaga beban atau motor listrik agar tetap aman dan tidak terbakar. Sedangkan menurut (Riski, 2019), *relay* berfungsi sebagai pengendali sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan *signal* tegangan rendah dan juga berfungsi untuk melindungi motor atau komponen lainnya dari hubungan arus pendek atau kelebihan tegangan. Gambar 2. 8. adalah contoh struktur bagian dalam dari *relay*, sehingga terlihat jelas oleh pembaca.



Gambar 2. 8. *Relay*

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

8. *Buck-Boost Converter*

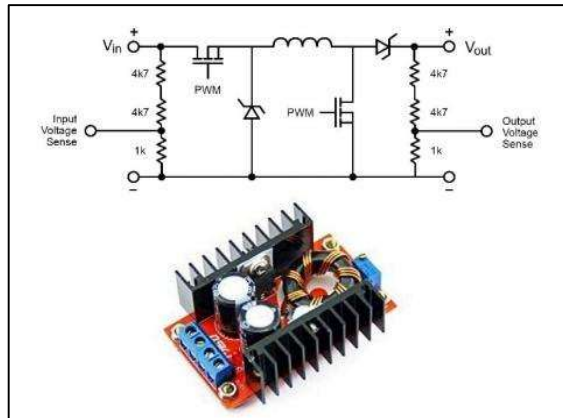
Buck-Boost Converter adalah konverter DC (*Direct Current*) yang *output* tegangannya dapat lebih besar atau lebih rendah dari tegangan *input*, dan juga tegangan *output*nya selalu bernilai negatif, (Achmad & Nugraha, 2022).

Rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost Converter (NIBBC)* menggunakan 2 buah saklar (berupa MOSFET) untuk mengatur konverter dalam *Buck mode* dan *Boost mode* yang merupakan kombinasi dari *Buck Converter* dan *Boost converter*, (Ginanjari et al., 2022).

Pada rangkaian *Buck-Boost Converter* terdapat beberapa komponen pendukung yaitu induktor, kapasitor, *driver mosfet*, dan *resistor*. Komponen utama pada rangkaian ini adalah sebuah induktor yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang akan disalurkan ke beban, (Aldi & Abil, 2024).

Buck-Boost Converter dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi seperti sebagai catu daya motor dan *charger* aki, (Rahmawati et al., 2021). Oleh karena itu peneliti menggunakan *Buck-Boost Converter* pada prototipe pembangkit listrik tenaga arus laut untuk mendukung dan menstabilkan tegangan yang dihasilkan. Gambar 2. 9. adalah contoh struktur dari *Buck-*

Boost Converter lengkap dengan bagian luar komponen ataupun *wiring diagram*nya.



Gambar 2. 9. *Buck-Boost Converter*

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

9. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor tegangan dan arus adalah modul yang berguna untuk mengukur tegangan sumber, (Limbong et al., 2025). Sensor arus dan tegangan adalah merupakan sebuah alat atau komponen elektronik yang bertujuan untuk mengukur atau mengetahui besaran listrik (Arus dan Tegangan) yang mengalir dalam suatu rangkaian, baik itu listrik searah (*Direct Current*) maupun listrik bolak balik (*Alternating Current*), (Bayu et al., 2021). Umumnya sensor ini digunakan dan di integrasi dengan mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32.

Pada penelitian ini peneliti memakai sensor arus dan tegangan PZEM-017, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 10. PZEM-017 merupakan perangkat yang sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik dan otomasi untuk memantau penggunaan daya, PZEM-017 menonjol dalam pengukuran parameter DC dengan tingkat akurasi yang tinggi dan data yang disediakan secara real-time, (Muhamad Faisal Majid, Isdawimah, 2024).



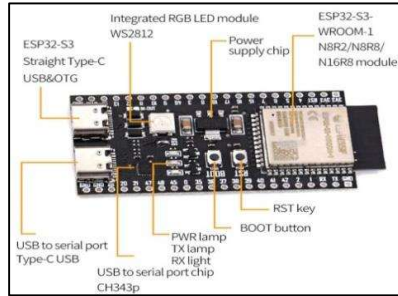
Gambar 2. 10. Sensor Arus dan Tegangan PZEM-017

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

10. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang dapat mengendalikan berbagai modul, sensor, dan berbagai *hardware* yang mendukung seperti *relay*, (Bayu et al., 2021). Mikrokontroler ESP32 juga bisa terkoneksi dengan Wi-Fi (*wireless fidelity*) dan *Bluetooth dual-model* dalam satu *board*, (Noerifanza, 2022).

Salah satu kelebihan pada ESP32 ini adalah adanya WiFi dan *Bluetooth*, sehingga memudahkan pembuatan sistem IoT yang memerlukan *wireless network*, (Natasya & Santoso, 2023). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Kusumo & Ardiansyah, 2024), yang menyatakan bahwa kelebihan utama dari ESP32 adalah integrasi modul Wifi dan *Bluetooth* yang memudahkan pembuatan sistem IoT yang memerlukan koneksi nirkabel. Bentuk fisik dan pin yang digunakan pada mikrokontroler ESP32 bisa dilihat pada Gambar 2. 11. seperti berikut.



Gambar 2. 11. Mikrokontroller ESP32

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com/images/view>.

11. MPPT (*Maximum Power Point Tacking*)

MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) merupakan teknik pelacakan titik daya keluaran sistem PV maksimal. Prinsip kerja MPPT adalah membaca setiap titik keluaran di kurva karakteristik $P - V$, (Sitanggang et al., 2021). MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) mempunyai karakteristik lebih baik dan mampu melakukan pengisian terhadap baterai (*accu*) dengan lebih cepat, (Suyanto et al., 2022).

Penggunaan algoritma dalam MPPT sangat signifikan dalam menentukan hasil yang diperoleh. Setiap algoritma MPPT memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Selain itu, karakteristik setiap algoritma juga mempengaruhi kinerjanya dalam berbagai kondisi lingkungan, (Ananda et al., 2024). Bentuk fisik dari MPPT lengkap dengan *display monitor* dan pin yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 2. 12. seperti berikut.



Gambar 2. 12. MPPT (*Maximum Power Point Tacking*)

Sumber : <https://mikroavr.com.jpg>

12. *Transformer Step-Down 12vdc – 5vdc*

Transformer step down adalah sebuah perangkat elektronik yang memiliki fungsi utama untuk menurunkan tegangan listrik ke level yang lebih rendah, (Emirwati et al., 2023). *Transformer step-down* digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12vdc – 5vdc, dimana tegangan 12vdc berasal dari tegangan sumber. Sedangkan tegangan 5vdc yang dihasilkan digunakan untuk memberikan tegangan pada mikrokontroler ESP32, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 13.

Transformer step-down mempunyai jumlah lilitan sekunder yang lebih sedikit dibandingkan dengan lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai peredam tegangan, (Rosmania & Yanti, 2020).



Gambar 2. 13. *Transformer Step-Down 12vdc – 5vdc*

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

13. Sensor RPM (*Hall-Effect Sensor*)

Sensor *hall-effect* ini merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi medan magnet, sensor yang digunakan akan menghasilkan sebuah tegangan yang setara dengan kuat medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut, (Limbong et al., 2025).

Karakteristik sensor *hall-effect* yaitu memiliki kecenderungan jika terdapat arus yang mengalir pada penampang sensor tersebut (semikonduktor) secara *perpendicular* atau tegak lurus maka akan menghasilkan *Gaya Lorentz*, (Bilal et al., 2024). Menurut (Firdaus, 2023), sensor *hall-effect* mempunyai banyak kelebihan antara lain: linieritas dan kestabilan yang tinggi, tidak merusak, sensitivitas terhadap arah yang tinggi, reliable, relative sederhana dan biaya operasi yang murah, sehingga ada kecenderungan untuk menggunakan sensor tersebut.

Oleh karena itu, berdasarkan pernyataan diatas maka pada penelitian ini peneliti menggunakan atau memilih *Hall-Effect* sensor sebagai sensor RPM untuk memonitor kecepatan putaran pada turbin air. Bentuk fisik dari sensor RPM (*Hall-Effect*) bisa dilihat pada Gambar 2. 14. seperti berikut.



Gambar 2. 14. Sensor RPM (*Hall-Effect Sensor*)

Sumber : <https://id.images.search.yahoo.com>

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Metode penelitian yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah Research and Development (R&D) yang mana peneliti mengamati suatu objek lalu melakukan penelitian dan ketika sudah diketahui permasalahannya maka peneliti mengembangkan atau membuat suatu alat untuk menyelesaikan masalah sebelumnya.

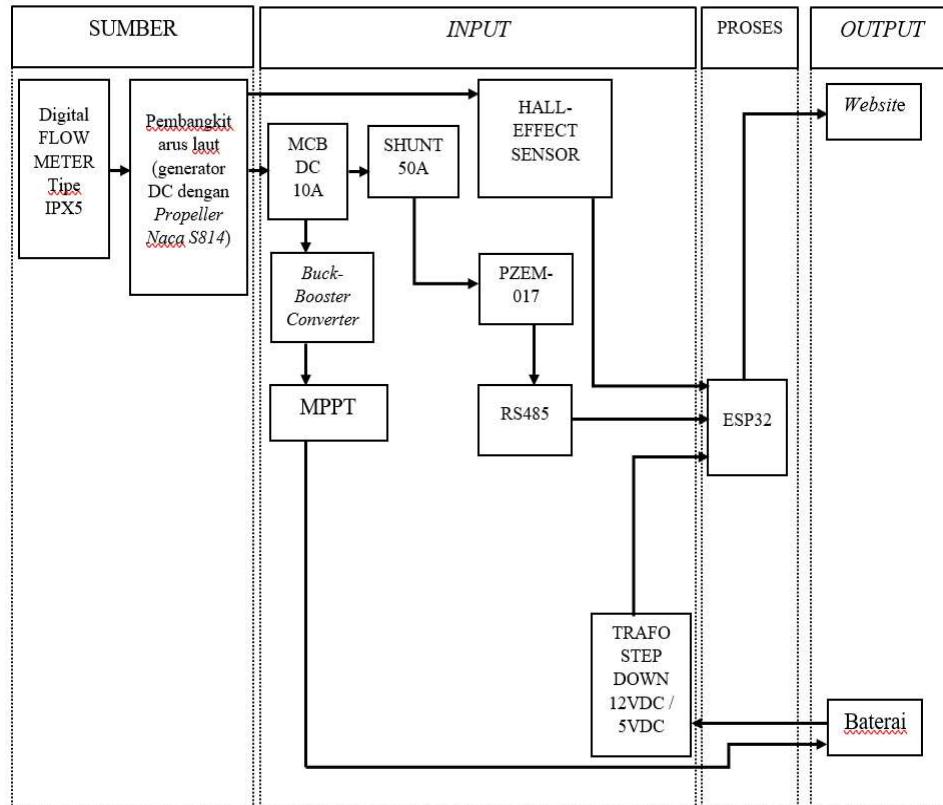
Penelitian R&D merupakan metode penelitian dan pengembangan yang dipakai untuk menciptakan atau membuat atau menghasilkan suatu produk dan setelah itu di uji efektifitas nya, (Agustino et al., 2022). Sedangkan menurut (Putri et al., 2023), *Research & Development* (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Berikut tahap-tahap yang dijabarkan terdiri dari :

1. Identifikasi Potensi dan Masalah, adalah tahapan dimana potensi dan masalah dari fenomena yang ingin diteliti oleh peneliti diidentifikasi.
2. Mengumpulkan Informasi, adalah tahapan dimana peneliti mencari sumber atau teori-teori yang akan menjadi dasar penelitian peneliti.
3. Desain produk, adalah tahapan dimana peneliti melakukan perancangan dan penggambaran sistem pada produk, penentuan alat dan bahan, serta melakukan perhitungan teoritis.
4. Validasi desain, pada tahap ini peneliti melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen pembimbing, teknisi, ataupun ahli terkait.

5. Pembuatan Produk, peneliti melakukan pembuatan atau perakitan mengenai produk yang telah disahkan atau disetujui oleh dosen pembimbing.
6. Uji Coba Produk, peneliti melakukan uji coba produk yang telah dirakit sebelumnya dan memastikan semua sistem yang dirancang sebelumnya sesuai dengan hasil produk dan bekerja dengan baik.
7. Analisis dan Revisi, melakukan pendataan terkait output yang dihasilkan oleh produk dan melakukan perbaikan jika produk tidak bekerja dengan baik.
8. Produk Akhir, adalah produk yang telah dinyatakan berhasil dan lolos uji coba mengenai kinerja dari produk tersebut.
9. Diseminasi / Penyusunan Laporan, pada tahap terakhir ini peneliti melakukan penyusunan terkait produk yang dihasilkan dari penelitian peneliti.

Dari tahap-tahap penelitian yang telah dijabarkan oleh peneliti maka penelitian ini akan menghasilkan sebuah produk. Produk yang dihasilkan adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari arus laut sebagai upaya dalam mengoptimalkan sumber energi terbarukan.

Perancangan sistem adalah suatu fase dimana diperlukan suatu keahlian perancangan untuk elemen-elemen komputer yang akan menggunakan sistem yaitu pemilihan peralatan dan program komputer untuk sistem yang baru. Sedangkan menurut (Kejuruan, 2021), perancangan sistem adalah suatu proses untuk membuat dan mendesain sistem yang baru. Sebagai bagian dari perancangan sistem, maka peneliti menyajikan blok diagram. Dimana blok diagram disajikan seperti dibawah ini.



Gambar 3. 1. Blok Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut
Sumber : Diolah Peneliti (2025)

Pada Gambar 3. 1. blok diagram diatas dijelaskan bahwa alur awal adalah putaran oleh turbin air tipe *Propeller Naca S814*, dimana putaran turbin air tipe *Propeller Naca S814* ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan arus laut. Setelah turbin air berputar, gaya mekanik akan disalurkan pada generator DC oleh *shaf rotor* yang terkoneksi antara turbin air tipe *Propeller Naca S814* dan generator DC.

Putaran inilah yang dibutuhkan oleh generator DC untuk menghasilkan listrik. Sesuai dengan prinsip dasar generator, dimana generator menghasilkan listrik dengan menggunakan prinsip gerak gaya listrik (GGL). Namun *output* daya yang dihasilkan oleh generator tidak selalu stabil, dimana hal ini dipengaruhi oleh putaran dari turbin air tipe *Propeller Naca S814*. Oleh karena

itu *Buck-Boost Converter* dibutuhkan untuk menstabilkan daya yang dihasilkan oleh generator DC.

Selanjutnya daya yang telah distabilkan oleh *Buck-Boost Converter* akan disimpan oleh baterai (*accumulator*), daya yang disimpan oleh baterai nantinya bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik. Pada skala kecil baterai digunakan sebagai sumber daya untuk penerangan, sedangkan untuk skala besar baterai mampu digunakan untuk menggerakkan motor.

B. Perancangan Alat

Perancangan adalah sebuah proses atau tahapan untuk membuat atau merencanakan sesuatu dengan menggunakan teknik untuk merumuskan tujuan yang akan dicapai, (Fauzi et al., 2022). Sedangkan menurut (Sitorus & Sakban, 2021), menyatakan bahwa perancangan adalah langkah pertama dalam fase pembangunan rekayasa produk atau sistem, perancangan itu adalah proses penerapan berbagai teknik dan prinsip yang bertujuan untuk mendefinisikan sebuah peralatan, satu proses atau satu sistem secara detail yang membolehkan dilakukan realisasi fisik.

Berdasarkan pendapat ahli, dapat disimpulkan bahwa perancangan merupakan langkah pertama dalam perencanaan suatu proses untuk membuat dan mendesain sistem yang baru.

1. Identifikasi Kebutuhan

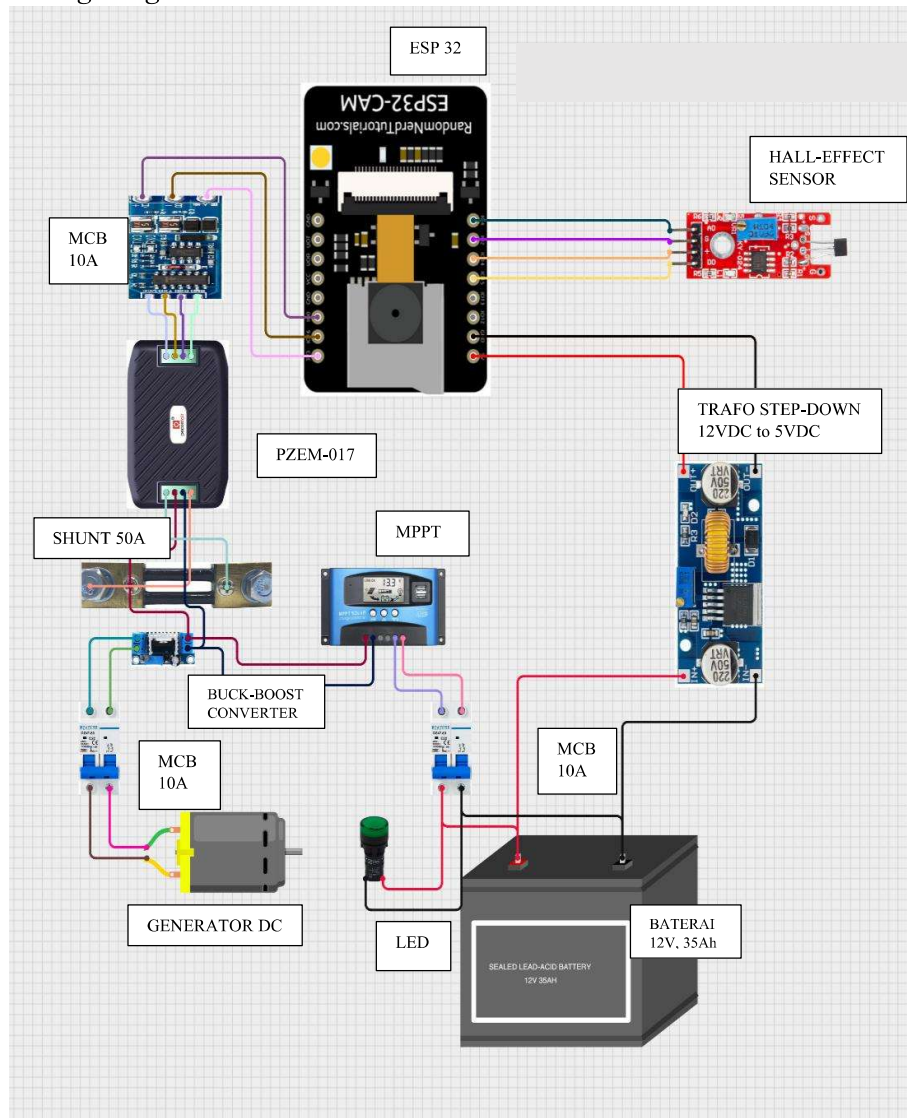
Kebutuhan perancangan sistem perlu diidentifikasi agar dapat terciptanya sistem yang diinginkan, identifikasi kebutuhan akan dijabarkan oleh peneliti dibawah ini :

- a. Turbin Air tipe *Propeller Naca S814*, dibutuhkan untuk menangkap energi kinetik yang terdapat pada arus. Dimana nantinya putaran dari turbin air akan diteruskan menuju ke generator dc dengan menggunakan *shaft rotor*.
- b. Generator DC, dibutuhkan sebagai penghasil energi listrik dengan memanfaatkan putaran dari turbin air yang disalurkan oleh *shaft rotor*. Dimana energi listrik yang dihasilkan nantinya akan ditujukan sebagai pengisian pada baterai.
- c. *Buck-Boost Converter*, digunakan sebagai penguat dan penstabil *output* daya listrik yang dihasilkan oleh generator dc. Sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh generator dc bisa mencapai nilai yang diharapkan untuk pengisian pada baterai.
- d. PZEM-017, adalah sebuah sensor yang berfungsi sebagai pembaca arus dan tegangan listrik. Pada perancangan pembangkit listrik ini sensor PZEM-017 ini digunakan sebagai pembaca arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Dimana sensor ini nantinya akan diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32.
- e. Mikrokontroler ESP32, digunakan sebagai pengolah data *input* dari sensor untuk kemudian bisa memberikan *output* perintah kepada sistem. Dimana pada mikrokontroler ESP32 ini juga ditetapkan *set point* yang ditetapkan oleh peneliti yaitu 12V dan 3A. Dengan demikian mikrokontroler ini bisa disebut sebagai otak dari sistem pembangkit listrik tenaga arus yang dirancang oleh peneliti.
- f. *Relay, relay* atau saklar otomatis ini digunakan sebagai pengendali daya

listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga arus. Dimana nantinya *relay* akan bekerja secara otomatis (*cut-in* dan *cut-out*) berdasarkan perintah dari mikrokontroler ESP32. Sehingga nantinya semua sistem yang dirancang harus dipastikan bisa terintegrasi dengan baik dan benar untuk menghindari kesalahan sistem.

- g. Baterai 12VDC, pada perancangan pembangkit listrik tenaga arus ini baterai digunakan sebagai alat untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh pembangkit.
- h. *Transformer Step-Down 12vdc – 5vdc*, digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan sumber. Dimana nantinya *output* tegangan akan digunakan sebagai sumber tegangan oleh mikrokontroler ESP32, karena mikrokontroler ESP32 menggunakan tegangan kerja sebesar 5vdc.
- i. Sensor RPM (*Hall-Effect Sensor*), digunakan untuk memantau jumlah putaran yang dihasilkan oleh *shaft rotor pada* generator dc yang berputar akibat dari arus yang ditangkap oleh turbin air.
- j. MPPT (*Maximum Power Point Tacking*), digunakan untuk memaksimalkan tegangan yang dihasilkan oleh sistem pembangkit sebelum nantinya digunakan sebagai pengisian pada baterai.

2. Wiring Diagram



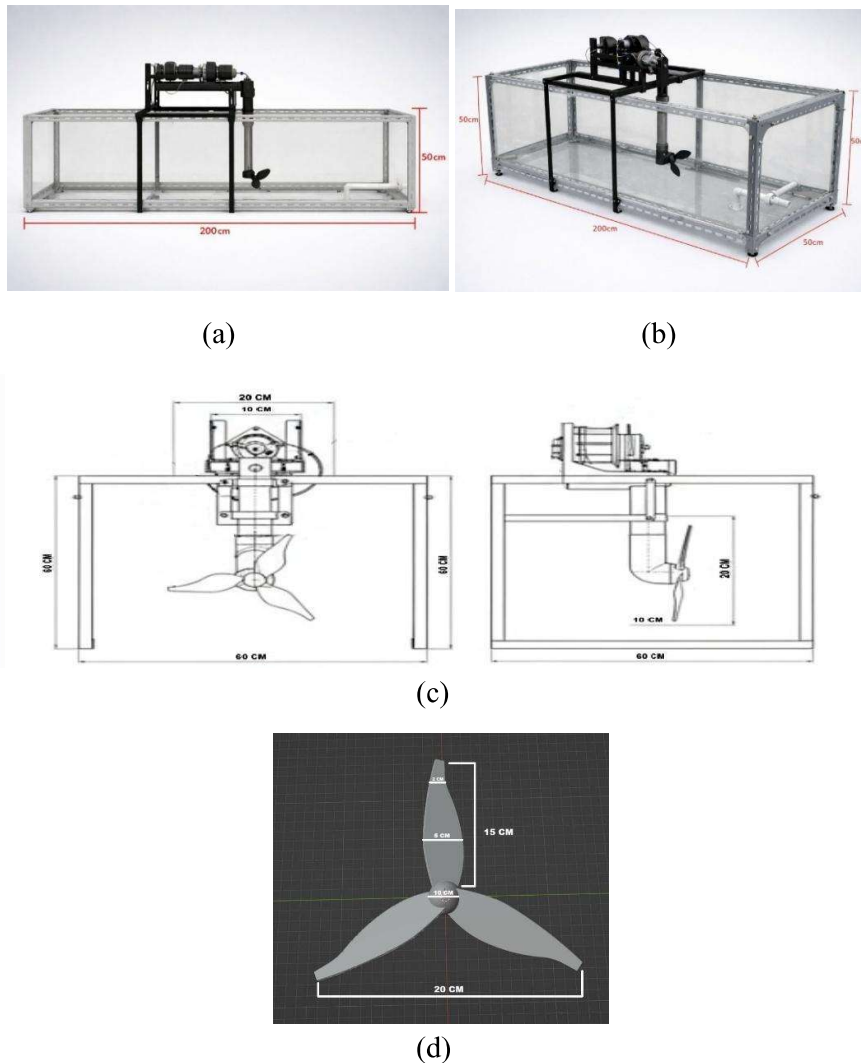
Gambar 3. 2. *Wiring diagram* Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut
Sumber : Diolah peneliti (2025)

Pada Gambar 3. 2. diatas dijelaskan bagaimana peneliti merancang sistem perkabelan pada penelitian ini. Perkabelan dimulai dari sumber daya dihasilkan sampai dengan pemanfaatan daya yang dihasilkan, yaitu untuk pengisian pada baterai.

Sistem perkabelan ini menjadi acuan peneliti dalam merangkai sistem yang diteliti, serta untuk mempermudah dalam proses perangkaian sistem.

Tentunya pada perangkaian perkabelan ini peneliti juga melakukan pemrograman pada mikrokontroler ESP32 dan juga menetapkan *set point* pada PZEM-017 sebagai sensor pembacaan arus dan tegangan.

3. Desain Produk/Alat



Gambar 3. 3. Desain Alat Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (a) Tampak Samping (b) Tampak Depan (c) Platform Turbin Arus (d) Bilah Turbin

Sumber : Diolah peneliti (2025)

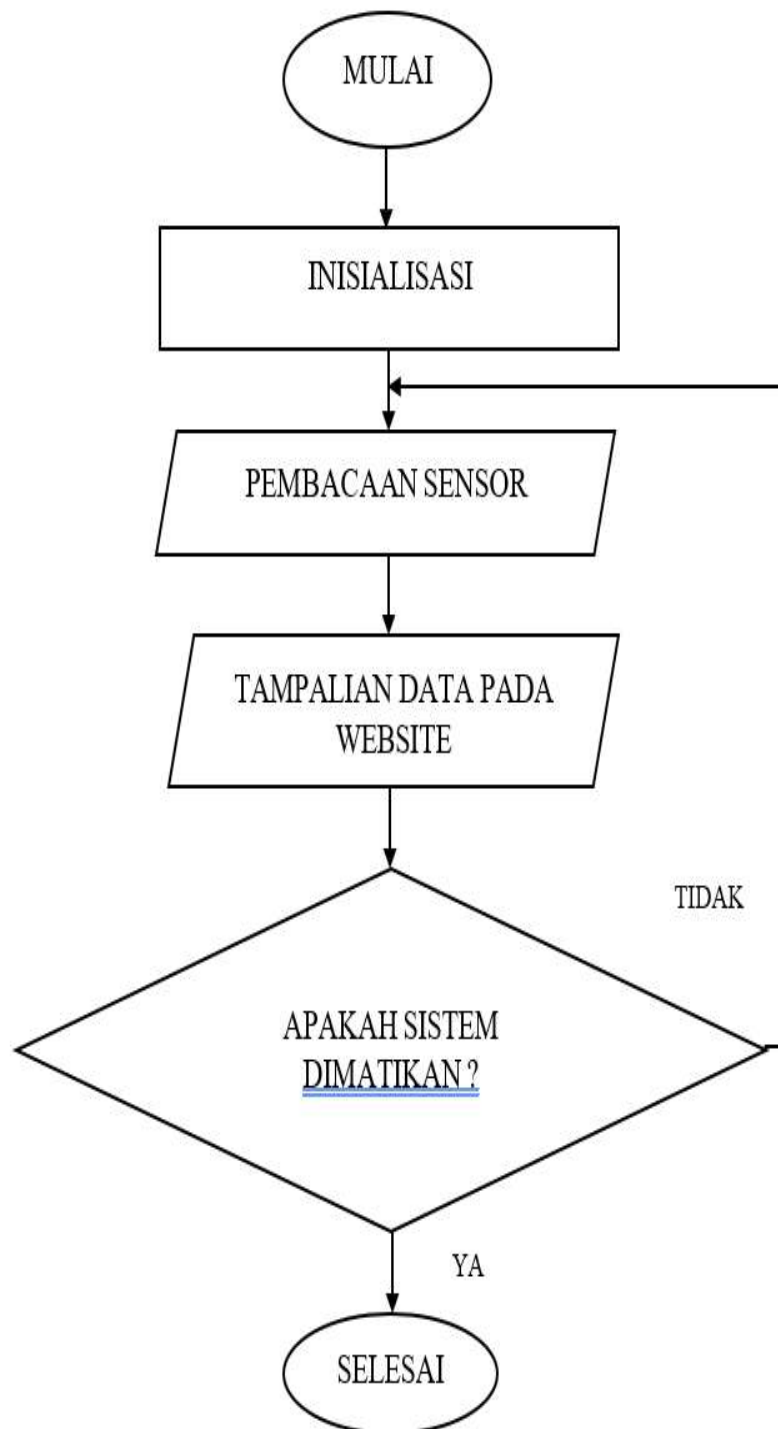
Gambar 3. 3. (a) tampak samping dan (b) tampak depan diatas merupakan desain alat atau produk yang dirancang oleh peneliti. Dimana

penggunaan turbin air tipe *Propeller Naca S814* sebagai bagian dari mekanik pembangkit listrik tenaga arus yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik arus menjadi energi mekanik. Dimana nantinya energi mekanik akan digunakan untuk memutar *shaft rotor* pada generator dc sebagai pembangkit atau penghasil listrik.

Desain alat pada Gambar 3. 3. diatas juga telah disertakan ukuran sebagai acuan untuk mempermudah peneliti dalam merancang dan membuat alat atau produk. Ukuran pada bak pengujian adalah panjang 200 cm x lebar 50 cm x tinggi 50 cm, sehingga akan dihasilkan volume sebesar 500.000 cm³. Dengan volume tersebut diharapkan akan mampu menjalankan sistem pada pembangkit listrik tenaga arus secara maksimal.

Dari desain alat pada Gambar 3. 3. Datas terlihat bahwa pembangkit listrik tenaga arus laut ditempatkan pada bagian tengah bak. Hal ini ditujukan dan dimaksudkan agar turbin arus laut mampu menangkap energi kinetik secara maksimal, karena pada posisi tengah bak pengujian arus dinilai sangat kuat. Oleh karena itu peneliti menempatkan pembangkit listrik tenaga arus laut pada posisi tengah bak pengujian.

4. Flow Chart



Gambar 3. 4. Flow Chart Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut
Sumber : Diolah Peneliti (2025)

Pada Gambar 3. 4. diatas dijelaskan bagaimana sistem rangkaian pada prototipe pembangkit bekerja dengan *output* yang dihasilkan sebagai pengisian pada baterai. Listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga arus dibaca oleh sensor PZEM-017. Dimana fungsi dari sensor ini adalah untuk membaca arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator DC dan kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP32.

Pada sensor PZEM-017 telah ditetapkan *set point* oleh peneliti dengan *set point* $\leq 10V, 3A$ yang berarti sensor akan memberikan *signal* pada *relay* jika listrik yang dihasilkan lebih atau sama dengan *set point* yang ditetapkan. Sedangkan jika arus dan tegangan yang terbaca oleh sensor PZEM-017 tidak memenuhi *set point* yang telah ditetapkan oleh peneliti maka sistem rangkaian tidak akan meneruskan daya listrik ke *relay* dan pada akhirnya baterai tidak akan *tersupply* daya listrik. *Output* daya yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik tenaga arus ini akhirnya akan digunakan sebagai pengisian pada baterai.

C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk

Perancangan alat pastinya akan lebih matang dengan adanya pengujian dari alat yang dibangun. Rencana pengujian adalah salah satu cara untuk menemukan titik titik permasalahan. Untuk menemukan permasalahan pada prototipe yang dibangun, peneliti menggunakan metode pengujian yang diantaranya adalah metode pengujian statis dan pengujian dinamis. Pengujian statis dan dinamis akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengujian Statis

Pengujian statis adalah metode pengujian yang dilakukan setiap komponen atau bagian pendukung tanpa mengoperasikan atau menggerakkan sistem atau objek yang diuji. Tujuannya adalah untuk menganalisis struktur, rancangan, atau karakteristik bahan tanpa adanya beban kerja atau pergerakan. Pada pengujian statis ini peneliti melakukan pengujian setiap komponen pendukung yang akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Turbin Air tipe *Propeller Naca S814*

Pengujian turbin air tipe *Propeller Naca S814* ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat efektifitas turbin air tipe *Propeller Naca S814* dalam menangkap energi kinetik yang terdapat pada arus laut dengan mengatur jumlah dan posisi bilah pada turbin air.

b. Generator DC

Pengujian generator DC sebagai penghasil daya listrik utama ini bertujuan untuk mengetahui daya maksimal yang dihasilkan oleh generator DC pada RPM maksimal. Pengujian dilakukan dengan cara memutar *shaft rotor* pada generator DC dan kemudian melakukan pengukuran daya listrik yang dihasilkan menggunakan alat ukur.

c. *Buck-Boost Converter*

Pengujian *Buck-Booster Converter* dilakukan dengan cara memberikan *input* daya yang tidak stabil dan melakukan pengukuran pada *output* *Buck-Boost Converter*. *Output* daya pada *Buck-Boost Converter* harus stabil dengan toleransi daya yang telah ditetapkan oleh peneliti.

d. Sensor PZEM-017

Pengujian pada sensor PZEM-017 dilakukan dengan menetapkan *set point* terlebih dahulu pada sensor, kemudian sensor diberi tegangan kerja dan dipastikan sensor bekerja dengan baik sesuai *set point* yang telah ditetapkan oleh peneliti.

e. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroller ESP32 diujikan dengan memberikan tegangan kerja, dan menetapkan *set point* yang akan diujikan. Kemudian akan diamati apakah sistem pada mikrokontroller ESP32 dapat bekerja secara sempurna.

f. *Relay*

Relay pada prototipe pembangkit listrik tenaga arus laut ini berfungsi sebagai saklar otomatis. Pengujian terhadap *relay* dilakukan dengan cara memberikan tegangan kerja pada *relay* dan dipastikan *relay* dapat bekerja dengan baik.

g. *Accumulator* (baterai)

Accumulator berfungsi sebagai penyimpan daya dari prototipe pembangkit listrik tenaga arus yang dibangun. Pengujian dilakukan dengan cara mengisi daya pada baterai secara penuh dan kemudian baterai disimpan selama 1 x 24 jam. Setelah 1 x 24 jam ukur daya pada baterai dan pastikan daya pada baterai tidak mengalami penurunan.

h. MPPT (*Maximum Power Point Tacking*)

Pengujian pada MPPT (*Maximum Power Point Tacking*) dilakukan dengan memberikan tegangan input bervariasi, kemudian dilakukan

pengukuran pada *output* MPPT (*Maximum Power Point Tacking*) menggunakan *multimeter*. Karena MPPT (*Maximum Power Point Tacking*) bekerja dengan mengambil tegangan *maximum* pada *input* yang terbaca.

i. Sensor RPM (*Hall-Effect Sensor*)

Pengujian sensor *Hall-Effect* dilakukan dengan mengukur tegangan pada sensor menggunakan *multimeter*, karena sensor *Hall-Effect* bekerja berdasarkan tegangan yang dihasilkan oleh pembacaan magnet yang berputar pada poros turbin air.

j. *Transformer Step-Down 12vdc – 5vdc*

Pengujian pada *transformator step-down 12vdc – 5vdc* dilakukan dengan memberikan tegangan 12vdc, kemudian dilakukan pengukuran pada *output transformator* menggunakan *multimeter*. *Output* tegangan harus menunjukkan nilai 5vdc sebagai parameter bahwa *transformator* bekerja dengan baik.

2. Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis merupakan bagian dari rencana pengujian alat yang bertujuan mengetahui titik-titik permasalahan secara menyeluruh. Peneliti melakukan pengujian dinamis yang dilakukan dengan menjalankan sistem pada produk atau objek dalam kondisi nyata atau simulasi untuk mengamati perilakunya saat beroperasi.

Pengujian pada prototipe pembangkit listrik tenaga arus ini dilakukan dengan memberikan gaya kinetik pada turbin air dengan arus buatan sehingga turbin air dapat berputar sesuai dengan besar gaya kinetik yang

diberikan. Putaran turbin air akan diteruskan ke generator DC oleh *shaft couple* yang kemudian akan memutar *shaft rotor* generator DC.

Shaft rotor generator DC yang berputar akan menghasilkan listrik sesuai dengan prinsip gerak gaya listrik (GGL), *output* dari generator DC akan distabilkan oleh *Buck-Booster Converter*. Selanjutnya daya akan dibaca sensor arus dan tegangan PZEM-017, sensor PZEM-017 ini akan mengirimkan *signal* yang akan mengaktifkan *relay* jika daya yang terbaca oleh sensor PZEM-017 sesuai dengan *set point* yang telah ditetapkan oleh peneliti. Daya yang tersimpan pada *accumulator* (baterai) nantinya akan bisa digunakan untuk kebutuhan daya listrik meskipun prototipe pembangkit listrik tenaga arus tidak menghasilkan listrik.